

学校编码: 10384

分类号_____密级_____

学号: X2007230088

UDC _____

厦门大学

硕 士 学 位 论 文

基于GrADS环境下天气图系统的设计与实现

Design and Implement of Synoptic Chart System

Based on GrADS Environment

林辉阳

指导教师姓名: 姜青山 教授

专 业 名 称: 软件工程

论文提交日期: 2008 年 5 月

论文答辩时间:

学位授予日期:

答辩委员会主席: _____

评 阅 人: _____

2009年 月

厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下,独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果,均在文中以适当方式明确标明,并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范(试行)》。

另外,该学位论文为()课题(组)的研究成果,获得()课题(组)经费或实验室的资助,在()实验室完成。(请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称,未有此项声明内容的,可以不作特别声明。)

声明人(签名):

年 月 日

厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

（ ） 1. 经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，
于 年 月 日解密，解密后适用上述授权。

（ ） 2. 不保密，适用上述授权。

（请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。）

声明人（签名）：

年 月 日

摘要

随着生产力的发展和科学技术的进步,人类活动领域不断扩大的同时,大自然对人类活动的制约也日益明显。特别在我国地域辽阔、地形复杂、气候多变,境内各种自然灾害也具有种类多、强度大、频率高等特点下,为了减轻自然灾害对经济社会发展所造成的破坏,目前各级气象部门都在加快对天气图系统的研究,以提高天气形势预报的准确度,为各项经济社会活动提供参考。天气图是气象预报工作的基础和根本,天气图系统是将枯燥的气象数据信息自动生成形象直观的天气图,以供气象预报工作人员作分析、会商之用。但目前的天气图分析没有一个统一的分析平台,会商阶段没有统一的起点,造成分析结果也不尽相同。

本文对基于GrADS环境下天气图系统进行了重点研究,本系统主要包含图形设置、气象要素场子系统。图形设置子系统有效解决了图形参数设置问题,使分析在图形界面有一个统一的起点。气象要素场子系统依据基本要素和重要物理量等数据生成天气图,可在不同气象要素间完成图形的渲染与叠加,有效弥补了气象部门相对欠缺的天气图资源,为气象分析人员提供了信息丰富、图形流畅的天气图平台。本文的主要研究内容如下:

1. 阐述天气图的研究背景及意义,分析国内外在天气图系统研究领域的现状,并针对存在的问题提出了基于GrADS环境下的系统框架。
2. 以系统框架为指导,对模块流程进行详细设计,成功实现了各模块功能,完成各气象要素图的自动生成;系统具有可移植性和通用性,在GrADS高级应用基础上支持二次开发。
3. 对系统运行环境及系统所实现的各功能模块进行了测试,实现系统集成。

本文以软件工程思想为主线,并按照需求分析、框架设计、模块设计、开发环境配置、编程测试等方面,详细介绍了系统的实施过程。

关键词: 天气图系统; NC资料; GrADS

Design and Implement of Synoptic Chart System Based on GrADS Environment

Abstract

Along with the development of productivity and advancement of technology, the territory for human being's action expands unprecedented. Human being's activity have been refrained by the environment more and more obviously. Especially in our country, because of her expansive land, complex landform, varied climate and natural disaster, high intension and frequent feature ,to release the damage to the economical society development by natural disaster, weather bureau are fastening their steps on the research of synoptic chart system, to increse the accuracy of weather report and provide reference to all kinds of economical social activities. synoptic chart is the foundation of weather report prediction work. The system will transfer the boring and disordered data into intuitional synoptic chart, then it can be used directly by weather forecasters to analyze and consult. At present, there is no unitive analyse platform and consultation, so, the differences at the beginning will result in the different opinions.

This thesis pays the main rearching effort on the Synoptic chart system based on GrADS environment, this system includes graph settings and weather elements subsystem. The graph settings subsystem solves the graph parameter setting problem effectively, and produces a unitive start point in graphical interfaces. While weather elements subsystem produces synoptic chart which the data from basic elements and important physics. This system can the romance and mix different weather elements graphs, makes up the relatively wanting of synoptic chart resources of weather bureau, provides abundant and graph-fluent synoptic chart platform for weather analysts. The main research topics are as follows:

1. The thesis demonstrates the research background and significance of synoptic chart, then analyses the present research condition of synoptic chart system at home and abroad. Based on GrADS environment we provide the functional structure and system framework on the problem existent in the former system;
2. Follow the framework of the system, and make the module detailed design, it succeed to achieve synoptic chart automatism created. It also can be carry on quadratic development on Grads advanced apply foundation;
3. We make the system integration and integration test at last.

This thesis is based on the software engineering idea, describes in detail the implementation process of system, following needs analysis, framework and module design, testing, developmental environment configuration.

Key Words: Synoptic Chart System; Data of NC; GrADS

目录

第一章 绪论	1
1.1 研究背景及意义.....	1
1.2 天气图系统的研究现状和存在问题.....	2
1.3 主要研究内容及特色.....	5
1.4 本文组织安排.....	6
第二章 基于 GrADS 环境下天气图系统的总体设计	8
2.1 天气图系统的需求分析.....	8
2.2 基于 GrADS 环境下天气图系统的框架设计.....	12
2.3 数据源分析.....	18
2.4 开发工具的选择.....	23
2.5 小结.....	25
第三章 图形设置模块的设计与实现	26
3.1 图形设置模块的关键技术.....	26
3.1.1 图形设置模块中的底图投影技术.....	28
3.1.2 INI 与 WINAPI 技术.....	36
3.1.3 叠加图应用设计.....	38
3.2 图形设置子模块的实现.....	39
3.2.1 路径设置.....	39
3.2.2 叠加图设计思想.....	40
3.3 小结.....	42
第四章 气象要素场子系统的设计与实现	43
4.1 原理分析.....	43
4.2 气象要素场子系统设计方案与批处理.....	46
4.3 气象要素场子系统的设计.....	50
4.3.1 动态控件.....	53
4.3.2 连续显示与预处理.....	56
4.3.3 时次计算.....	59
4.3.4 渲染实现.....	64
4.4 小结.....	65
第五章 基于 GrADS 环境下天气图系统的集成与优化	66
5.1 系统集成.....	66

5.1.1 两个子系统的集成	66
5.1.2 子系统的接口设计	67
5.2 系统测试.....	68
5.2.1 系统运行环境测试	68
5.2.2 时次计算功能测试	70
5.2.3 叠加图合并渲染功能测试	71
5.2.4 INI 与 GS 文件测试.....	74
5.3 小结.....	76
第六章 总结与展望.....	77
参考文献.....	79
攻读硕士期间主要参与的项目	81
致谢.....	82

CONTENTS

Chapter 1 Introduction.....	8
1.1 Background and Significance	1
1.2 Research Status and Problems	2
1.3 Main Research and Innovations of The Paper	5
1.4 Outline of Thesis	6
Chapter 2 Overall Design of Synoptic Chart System	8
2.1 System Requirements Analysis.....	8
2.2 Functional Structure and System Framework Design	12
2.3 Source Data Analysis.....	18
2.4 Development Tools.....	23
2.5 Summary	25
Chapter 3 Design and Implement of Graph Settings submodule.....	26
3.1 Primary Technique of System Setting	26
3.2 Design Outline for System Setting	39
3.3 Summary	42
Chapter 4 Design and Implement of Weather Element Submodule..	43
4.1 Theory Analysis	43
4.2 Project of System Design and Batch file.....	46
4.3 Implement of System Design Outline and Technique	50
4.4 Summary	65
Chapter 5 System Integration and Optimization.....	66
5.1 System Integration.....	66
5.2 Integration Test.....	68
5.3 Summary	76
Chapter 6 Conclusions and Future Work.....	77
References	79
Jointed Projects	81
Acknowledgements.....	82

第一章 绪论

在全球气候变暖以及经济社会快速发展的大背景下,气象信息对农业生产、工业制造、交通运输、商务旅游、电子通信等行业的影响越来越大,气象服务工作在我国经济建设中的作用也越来越重要。特别是改革开放以来,无论是经济建设还是人们日常生活,受自然环境变化的影响日益严重,气象灾害所带来的物质损失也不断增加。同时,气象在防灾减灾、军事安全方面也具有极其重要意义,气象工作逐渐为人们所重视,人们对气象要素的分析研究也越来越多。

本章节将对天气图系统现状及存在的问题进行阐述,并对本文研究内容和结构安排进行总体概述。

1.1 研究背景及意义

随着生产力的发展和科学技术的进步,人类活动领域不断扩大,但大自然对人类活动的制约也日益明显。人类越来越多的需要依靠气象预报信息进行活动,使气象预报信息成为现代社会生活中不可缺少的重要信息之一^[1]。在我国地域辽阔、地形复杂、气候多变,自然灾害种类多、强度大、频率高等条件下,尤其是近年来台风、干旱、洪涝、冰雹、沙尘暴等气象灾害的频繁发生,对经济发展、公共安全、生态环境和可持续发展所产生的负面影响更加严重,这对气象预报工作提出了更高的要求。因此,加快气象事业发展,增强预报能力,提高灾害监测预警能力,具有很强的现实意义^[2,3]。

近年来,全球气候持续变暖,天气现况日益恶劣,由此带来的损失也逐渐增加,这就对气象工作提出了更加迫切的要求。预报是整个气象体系的前提和保证。做好预报工作,有利于减少或减轻自然天气灾害对社会经济造成的破坏^[4]。在世界经济全球化进程不断加快的今天,气象研究已成为推进社会发展的一项重要工作。做好气象工作,对促进经济增长、提高人民生活、保护自然环境、减少自然灾害等方面具有极其重要的意义,将更好地促进经济社会的可持续发展^[5,6]。

另一方面，经济社会发展与生态环境的矛盾日益突出，由此产生的能源、粮食、贫困等全球性问题日益增多，为了解决人类生存和发展问题，加强预报分析研究，减少自然灾害对生产生活环境的破坏，合理保护利用地球上有限的资源已成为必然选择^[7]。

天气图是标有同一时间、不同地点的各气象要素地图，完整全面的天气图是整个预报工作的基础和根本。只有把繁琐无味、杂而无章的气象数据信息转化为形象直观的天气图后，才能为气象预报分析员作分析、会商之用。从天气图上可一目了然地看到天气系统和天气的分布，清楚地掌握冷空气、暖空气的具体位置，连续分析不同时刻天气图。通过分析天气系统的移向移速，从而判断本地未来受什么天气系统影响，将会出现什么天气。因此，开发一套数据完整全面的天气图，对预报分析具有十分重要的研究意义。

1.2 天气图系统的研究现状和存在问题

天气图是目前气象部门分析和预报天气的一种重要工具，也是最基本的手段。天气图系统是以各气象要素数据为基础，把纯数字的气象数据信息经过计算机处理后，转化为能在可视化界面上直观显示的图形界面，供气象预报工作人员做分析、会商之用^[8]。

世界上第一张天气图是因克里米亚战争而诞生的。1854年11月，英法联军包围了塞瓦斯托波尔，准备在黑海的巴拉克拉瓦港登陆。但黑海上突然狂风大作，巨浪涛天。英法联军不战自溃，几乎全军覆灭。事后，巴黎天文台台长勒佛里埃收集了11月12日到16日气象记录，查明风暴是向东南方移动的，在袭击联军舰队前一、二天，西班牙、法国西部已先受此次风暴的影响。因此，勒佛里埃认为，若建立气象观测网，绘制天气图，可跟踪预报风暴等恶劣天气的移向移速及发展变化情况，将有效地提高天气预报的准确度^[9]。此后，法国等一些国家也开始使用这种天气图向港湾发布风暴警报；欧美和日本也陆续开始绘制天气图，开展天气预报。

从天气图上可以分析出高、低压系统的移动，以及在这类天气系统的移动过

程中给各地所产生的天气变化。通过对天气图的分析,从而预测天气形势在未来的移动和强度变化,包括生成和消亡,进而推论得出各地区未来天气的变化。这是天气图预报方法的主要依据。天气图预报的方法,所要作出天气形势预报,即预报出天气图上已有的天气系统在未来的移动和强度变化,同时还要判断有无新生的天气系统产生。在天气形势预报中,最简单的方法是外推法,即假定未来天气系统的移动和变化与起始时刻的情况相同,这种方法也称作持续性法;其次是气象员在长期天气预报实践中,总结出的有关天气系统移动或强度变化的经验预报规则,这些经验规则在天气形势预报中也有很大作用^[10];此外,从动力气象学的一些理论中,也可以推论出一些有关天气形势预报的规则。

国内外进行预报的主要技术方法是以天气图为主,配合气象卫星云图、雷达等资料进行预报。近年来更趋向于结合电子计算机技术,由机器作天气形势预报图,以图来表示数值,并通过解流体力学、热力学、动力气象学所组成的预报方程,来制作天气预报^[11]。目前也有把多个由少许不同的初值积分天气预报模式得到的数值预报加以平均,作为预报。在实际操作中往往是互相配合、综合应用,并采用相应的计算机软件进行分析预报^[12, 13]。

以前人们只能根据肉眼观测到的天象物象来判断天气变化,以及对一些有预示性的云天现象的认识,来判断天气。随着气压表的发明、气象站的建立和气象理论的发展,出现了根据当地气象资料演变规律来预测未来天气的单站预报方法^[14]。现在,雷达、气象卫星和探空气球被广泛使用,计算机网络技术也更加成熟,地面和高空的气象数据可以被快速地传递和集中,因此,分析天气图来制作预报这一技术也逐渐成熟。

在国外预报系统中,比较著名的主要有美国国家环境预报中的 GFS 系统(Global Forecast System)、英国气象局的 ECMWF 系统(European Center for Medium Range WeatherForecasts)以及日本气象厅模式等等,它们主要通过专用的区域气象数据,根据大气实际情况,在一定的初值和边值条件下,由大型计算机作数值计算,求解描写天气演变过程的流体力学和热力学的方程组,来预测未来一定时段的大气运动状态和天气现象。经过计算机数值分析技术,可以预报未来 10 天的各种天气要素的变化。其中 ECMWF 充分利用四维同化资料,对天气

系统和要素的预报误差小，对中高纬度大型环流的调整的预报方面能力稍强^[15]；GFS 主要利用 NCEP 精细的大气信息数据帮助预报员提高预报准确度，在预报模式有重大改进^[16]。上述各模式在预报大尺度天气系统时均能提供准确的资料，但因海洋上的观测数据极为有限，在对预报热带气旋的中心位置及强度以及路径亦还有一定的困难^[17]。

在国内，MICAPS 系统（Meteorological Information Comprehensive Analysis And Process System）历经 10 年的不断更新和应用，在我国预报分析工作平台、预报预测业务和科研工作中逐渐起到了基础性和关键性作用^[18]。MICAPS 系统的开发和应用，标志着我国气象信息综合分析处理系统的研发进入了一个新的阶段。我国 1 到 3 天的天气预报水平处于世界先进行列，24 小时的晴雨预报准确率也已达到了 80%以上。但我国在气象预报精细化方面还不够成熟，对雨雪具体落区、降雨雪的时段、大小的预报，还存在一些误差；长时效预测中对灾害性天气的持续性和强度估计不足，与世界先进水平差距比较大^[19, 20]。

目前，我国在预报中除了利用国内现有的数值预报模式结果外，还需要参考欧洲、日本、美国的数值预报结果，但如今气象与军事越来越密切相关，任何国家都不可能把自己的数值预报产品全部拿出来共享。虽然我国的数值分析预报可用时效已经从 6 天延长到 7 天，空间分辨率也已从 60 公里提高到 30 公里，但我国的数值预报模式与世界先进水平差距仍然比较大。在美国、日本、德国等一些发达国家，在计算机上的数值预报产品分辨率可以小于 20 公里^[21, 22]。

从天气图系统整体上来看，我国在这方面还存在很多不足：

1. 气象研究的起点远远落后于发达国家，过去的相关气象资料，特别是一些气象原始数据，非常欠缺，而这些气象资料恰恰又是后期研究分析的重要基础。加上我国天气复杂多变，影响天气的因素比较独特，天气现象和灾害种类多等，难以全面准确预报一些突发性气象灾害；
2. 我国计算机自动站是在近几年才逐渐应用到各级台站的，各气象部门还尚未有较为完整的、可在计算机上自动生成的天气图资料，无法对过去的天气图进行分析、为预报提供全面的数据参考，因此对一些重要天气

气候事件形成的机理认识还很有限，特别对是短时临近灾害天气预报预警能力还比较弱；

3. 在多功能、多媒体、可视化的综合人机交互的现代化预报业务服务平台才刚起步，在手机、因特网等方面的天气预报服务业务还需加强，对台风等自然灾害的认识、分析还有待提高。

1.3 主要研究内容及特色

本文主要研究基于GrADS环境下天气图系统的设计与实现，以系统的开发过程为基础，按照需求分析、总体设计、模块实现、系统集成等步骤展开论述。首先，对天气图的研究背景和意义进行阐述，描述预报等各方面对天气图的需求，并分析国内在天气图预报方面的现状及存在的问题，从而设计出系统的整体框架，分析出系统中的主要流程，并给出了数据设计过程与方法；其次，在系统模块上主要完成图形设置、基本要素场、重要物理量、气候要素图四个功能模块；接着，实现各模块的技术框架及功能；最后，对各大模块进行测试，实现系统集成。

论文的主要内容如下：

1. 分析系统需求和提出环境需求。通过对天气图系统的基本要素、重要物理量、气候要素的分析，归纳了天气图系统的架构模型及相关技术，分析了目前存在的问题。为了满足需求、克服传统天气图的不足，提出了基于GrADS环境下的系统研究；
2. 设计总体框架。根据对天气图系统的需求分析，对天气图系统进行总体设计，确定了系统的总体架构和功能模块，提出层次化的应用架构模型。整个系统分为图形设置子系统和气象要素场子系统，在系统的具体实现过程中，分析各子系统的实现要点、设计方案，结合系统的架构实行系统开发；
3. 子系统的设计与实现。以系统框架为指导，对模块流程进行详细的设计，主要论述系统开发中实现要点、原理分析、设计方案等关键技术，最后实现基本要素场、重要物理量、气候要素图模块上天气图的自动生成；

4. 系统集成与优化。在对系统各模块功能技术实现的基础上，完成对系统运行环境、以及系统所实现的功能进行集成与测试。

除依分析需要完成的各项特定功能外，本系统还具有以下特点：

1. 可移植性，支持二次开发。本系统设计具有可移植性和通用性，支持在GrADS高级应用基础上进行二次开发，比如用户可以根据需要绘制雨量图等；经程序后台控制生成批处理文件和GS文件，成功地解决了C++ Builder与GrADS软件间的调用和数据传递问题；在图形处理上实现了天气图的叠加显示及连续生成显示功能；
2. 系统设计采用NCEP/NEAR提供的逐6小时历史气象再分析资料，具有较高的时间和空间分辨率，其存储格式便于编程使用。NC数据资料内容丰富，时间序列较长，实践证明，NC资料能够较好地反映天气气候情况以及年际变化，可常年用于气象相关研究工作。此外，系统支持二次开发，用户可以根据自己的需要进行相关分析处理，比如绘制雨量图等；
3. 由于系统涉及的图形参数较多，为了修改方便，系统单独设计出一个图形设置模块，用户可以根据自己的需要对其进行配置，以满足不断变化的需求。

1.4 本文组织安排

本文共分六章，各章的主要内容如下：

第一章 绪论。首先介绍本文的研究背景、研究意义和当前国内外研究现状，并对本文的研究方法、研究内容、研究特色及文章结构进行概述；

第二章 基于GrADS环境下天气图系统的总体设计。首先详细介绍系统图形设置、基本要素场、重要物理量、气候要素图四个功能模块的需求分析，在此基础上提出系统总体框架和功能设计，最后从数据源分析、开发工具、环境配置等方面进行非功能性分析；

第三章 图形设置模块的设计与实现。本章节分析了图形设置所要实现的功能要点，并从底图投影技术、INI与WINAPI技术、叠加图思想及应用设计等方面进行介绍；

第四章 气象要素场子系统的设计与实现。气象要素场子系统的设计包括基本要素场、重要物理量、气候要素图三大功能模块。在介绍主要功能模块设计与实现前, 从原理分析、系统设计方案方面对物理量进行分析介绍, 并进一步从实现要点、关键技术进行论述;

第五章 天气图系统的集成与优化。在系统开发完毕的基础上, 运用软件工程的思想对系统进行集成测试和功能测试, 最后进行实例分析。测试过程中, 围绕系统总体框架, 在环境配置下依据GS和GrADS、流程图等相关内容对测试结果进行分析;

第六章 结论和展望。对项目的主要工作、论文的主要内容进行概括和总结, 指出尚未完成的工作, 并提出未来进一步研究的初步设想。

第二章 基于 GrADS 环境下天气图系统的总体设计

对天气图系统进行合理的设计与架构是软件开发过程中首先要解决的问题，本章系统分析了天气图在气象系统上的具体需求，划分出各个功能子模块，对重要模块的功能做出详细描述，并对主要的业务流程进行剖析。在此基础上，提出了基于 GrADS 环境下天气图系统的总体功能结构框架设计，最后讨论系统技术选型，并确定天气图系统数据模式。

2.1 天气图系统的需求分析

在气象自动站投入运行和网络普及化之前，各站的观测资料不能及时传送，因而不能及时了解天气现象和天气系统在空间上的分布特点，只能根据当地单站的天气资料及其变化进行预报，无法全面反映平气状况的分布及其变化。随着计算机技术的发展，通过计算机利用动力气象学中的偏微分方程组来开发天气图系统制作天气图成为可能，也使得天气图系统慢慢发展起来。图 2.1，2.2，2.3 分别为传统的天气图框架结构图，系统操作界面图，具体要素天气图。

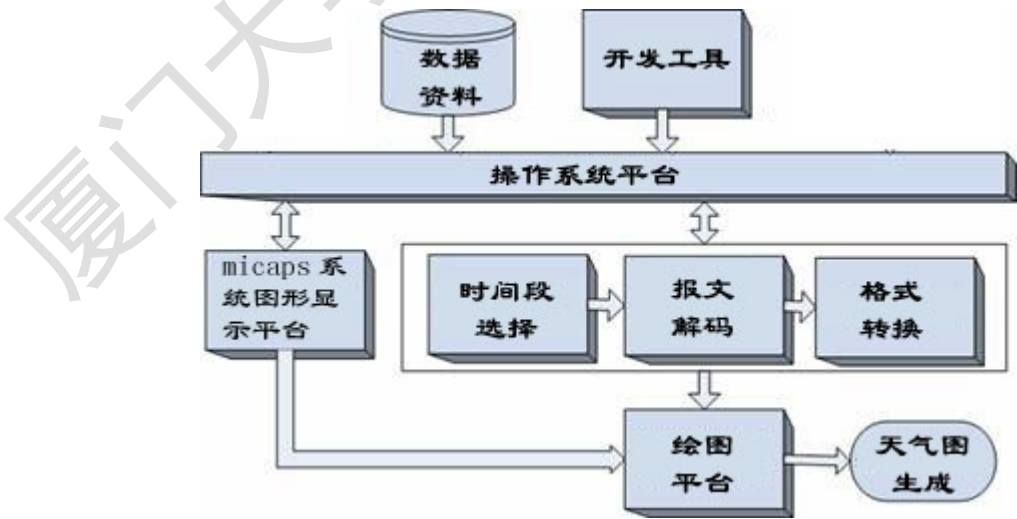


图 2.1 传统天气图系统总体框架

资料来源：李在云：《历史天气图再现系统》^[23]，2007 年

Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库